

# 圧力センサによる人感センサネットワークシステムの通信特性評価

横尾 晃大† 安川 博†

† 愛知県立大学 情報科学研究科

## 1 はじめに

近年、廉価なセンサネットワークシステムの構築を目指し、片方向通信方式を採用したシステム構成に関する研究が行われている。先行研究では、具体的なシステムの例として圧力センサを用いた人感センサシステムの通信特性の評価や、圧力感知データから人の歩行軌跡推定に関する検討が行われた [1][2]。本研究では先行研究で得られた通信特性の理論式を採用し、実際に人の歩行が行われた際の通信特性の評価を行う。

## 2 人感センサシステム

片方向通信方式を採用した人感センサシステムは、観測領域の床面に敷き詰められた圧力感知機能と送信機能のみを有する多数のセンサノードと、それらより送信されるパケットを受信する1つの受信機から構成される [1]。すなわち、センサノードの無線通信モジュールは受信機能を有せず、ハードウェアや消費電力の面でコスト削減が見込まれる。人感センサシステムでは、センシング領域に侵入した人や動物がセンサを踏むことによりセンサノードが圧力感知結果を送信する。圧力感知結果は、圧力値に閾値処理を施した検知(1)/非検知(0)を示す1bitの情報であり、この情報を基に歩行軌跡推定が行われる [2]。一方、センサノードは受信機能の欠如によりノード間の同期、協調、さらには Ack を用いた再送制御が困難である。そこで、閾値以上の圧力を感知したのち、一定時間無線通信モジュールを稼働させ過去データを付加したパケットを送信する。この過去データの再送により、信頼性を向上させている。以上より、各センサノードはスリープ状態からはじまり、以下の動作を繰り返す。

1. 圧力感知時に送信機を起動しパケットを送信
2. 圧力感知時刻から一定時間パケットを送信
3. 2の稼働時間内に圧力感知がなければスリープ状態へ

無線通信モジュールの稼働中に閾値以上の圧力を感知した場合、その場合を始点とし一定時間パケットを送信する。付加する過去データ数を1とした人感センサシステムの概要を図1に示す。

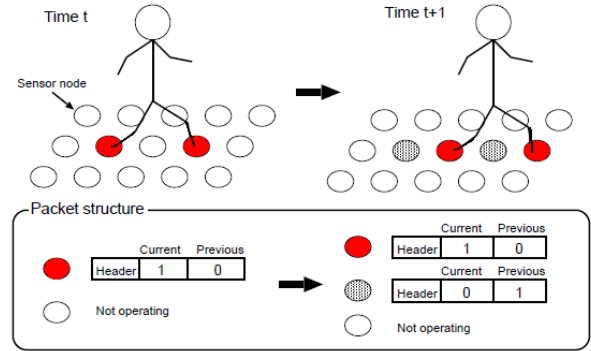


図 1: 人感センサシステムとパケット構成例

表 1: pureALOHA 通信特性パラメータ

説明	変数名	ヘッダサイズ	$l_h=14[\text{byte}]$
データサイズ	$l_d=1[\text{bit}]$	伝送容量	$c=250[\text{kbps}]$
平均送信周期	$r=0.5[\text{sec}]$		

## 3 通信特性

各センサの送信周期がランダムである人感センサシステムの通信特性は、pureALOHA 方式により評価可能である。センサ稼働率  $R$  は観測領域に設置されたセンサ数に対する現在稼働しているセンサ数とする。 $R$  を考慮したトラフィック  $G(N_a)$ 、スループット  $S(N_a)$  は、

$$G(N_a) = \frac{nR\{l_h + (1 + N_a)l_d\}}{cr} \quad (1)$$

$$S(N_a) = G(N_a)e^{-2G(N_a)} \quad (2)$$

となる。 $N_a$  は付加過去データ数、 $n$  はセンサ数であり、他の変数は表1の通りである。

パケット長時間に0個のパケットが生起する確率(アイドル確率:  $P_r(0, N_a)$ )は、

$$P_r(0, N_a) = e^{-G(N_a)} \quad (3)$$

となる。したがってパケット損失率  $PLR(N_a)$  は、

$$PLR(N_a) = \{1 - S(N_a) - e^{-G(N_a)}\}N_a + 1 \quad (4)$$

と表わされる。

## 4 特性評価

### 4.1 シミュレーションパラメータ

Pure ALOHA を用いた片方向通信特性方式のトラフィック設定に必要な変数は表1の通りである。ここで、ヘッダサイズ、伝送容量は代表的なセンサネットワークの通信技術である ZigBee を参考に設定した [3]。

The Performance Evaluation of Human Detection Sensor Network System Based on Pressure Sensors

† Kodai YOKOO(im112007@cis.aichi-pu.ac.jp)

† Hiroshi YASUKAWA(yasukawa@ist.aichi-pu.ac.jp)

Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University (†)  
1522-3, Ibaragabasama, Nagakute, Aichi, 480-1198, JAPAN

表 2: 歩行パラメータ

歩幅	66[cm]	歩隔	9[cm]
足幅	10[cm]	足長	26[cm]

平均送信周期は人の平均歩行周期を参考に 0.5 秒とした [4]。観測領域を一边 20m の正方形領域とする。この観測領域に  $85 \times 85$  個のセンサを等間隔に設置する。シミュレーションで用いる歩行パラメータを表 2 に示す。歩行パラメータは日本人の成人男性の平均を参考に設定した [5]。また、簡単のため、足の形を足幅を横、足長を縦とする長方形に近似する。歩行者は進入方向はランダムで、観測領域をまっすぐ 100 万歩歩くとする。観測領域外に踏み出る場合、その場から任意の方向で領域内に再侵入するものとする。

#### 4.2 付加過去データ数増加による評価

観測領域を一人の歩行者が歩いた際のトラフィック、スループット、パケット損失率をシミュレーションにより求めた。シミュレーション結果を図 2~図 4 に示す。図 2 より、付加過去データ数増加に伴い、トラフィックの増加が確認できる。これは式 (1) より付加過去データ数の増大に伴いトラフィックが増大するためである。図 3 より、付加過去データ数増大に伴いスループットの増大が確認できる。これは付加過去データ数増大に伴いトラフィックが増大するためである。図 4 より、付加過去データ数増大に伴いパケット損失率の低下が確認できる。これは、付加過去データ数増大に伴いトラフィック、スループットが増大し、アイドル確率  $P_r(0, N_a) = e^{-G(N_a)}$  が増加するためである。

#### 4.3 歩行者数増加による評価

歩行者増加に伴うトラフィック、スループット、パケット損失率の変化をシミュレーションにより求めた。付加過去データ数  $N_a = 20$  とする。シミュレーション結果を図 5~図 7 に示す。図 5 より歩行者数増加に伴いトラフィックの増加が確認できる。これは歩行者数増加に伴い、センサ稼働率  $R$  が増加するためである。図 6 より歩行者数増加に伴いスループットは一定までは増加するが、一定の人数を超えるとスループットは減少する傾向が確認できる。これは  $R$  の増加に伴い式 (2) の増減が増加から減少となるためである。図 7 よりパケット損失率は急激に増加し、一定の歩行者数を超えたらかに増加する傾向が確認できる。これは前述のスループットの増減が式 (4) に影響するためである。

#### 4.4 考察

人感センサシステムを用いた人の歩行軌跡推定では、歩行軌跡推定の正確性が要求される [2]。正確性を向上させるため、パケット損失率を最小とすることが重要となる。したがって歩行者数に対してパケット損失

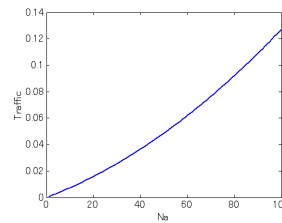


図 2: 付加過去データ数対  
トラフィック

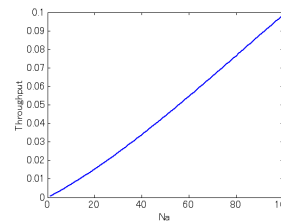


図 3: 付加過去データ数対  
スループット

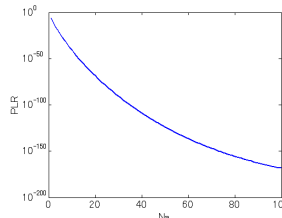


図 4: 付加過去データ数対  
パケット損失率

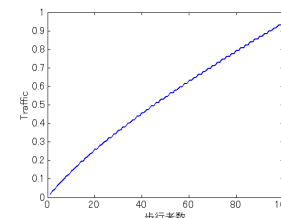


図 5: 歩行者数対トラフィ  
ック

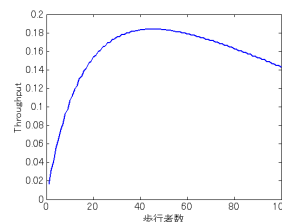


図 6: 歩行者数対スループ  
ット

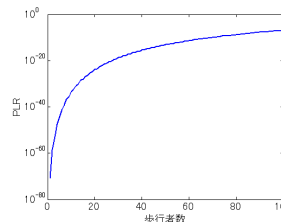


図 7: 歩行者数対パケット  
損失率

率を最小とするための付加過去データ数制御の検討が必要となる。

#### 5 まとめ

本稿では、実際に人感センサシステムを構築し、人が観測領域を歩いた際の通信状況をみるため、先行研究で求められた理論式を元に、実際に人が観測領域を歩いた際の通信特性の評価を行った。今後の課題として、歩行者数に対するパケット損失率を最小とするための付加過去データ数制御の検討、歩行パラメータ、歩行パターンを変化させた際の通信特性の評価などが挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 板井, 他, "片方向通信方式を用いたセンサネットワークにおけるセンサ稼働率を考慮した特性評価", 信学技報, SIS2010-66, 2011.
- [2] 横尾, 他, "人感センサシステムによる人の歩行軌跡推定に関する一検討", 信学技報, SIP2011-6, 2011.
- [3] 阪田史郎, "センサネットワーク," オーム社, 2006.
- [4] Y.Shoji, "Personal Identification Using Footstep Detection in In-door Environment", IEICE Trans. 2005.
- [5] 佐藤方彦 編集, "日本人の辞典", 朝倉書店, 2003.